

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11215012 A**(43) Date of publication of application: **06 . 08 . 99**

(51) Int. Cl.

H03M 13/00
H04L 1/00(21) Application number: **10328232**(22) Date of filing: **18 . 11 . 98**(30) Priority: **18 . 11 . 97 FR 97 9714451**(71) Applicant: **KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV**(72) Inventor: **CHOULY ANTOINE
BRAJAL AMERICO**(54) **DIGITAL TRANSMISSION SYSTEM, DECODER,
AND DECODING METHOD**

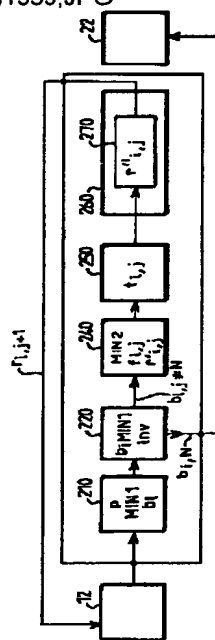
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the performance of a transmission system by permitting a decoding means to calculate conversion data, based on a soft discriminating value so that a conversion means normalizes the average value of reliable degree data and providing a function for generating subsequent input data, based on conversion data for a subsequent data generation means.

SOLUTION: This calculation means 240 for a repetitive decoding means, which is contained in a repetitive decoder, calculates reliable degree data and a soft discriminating value, and a conversion means 250 calculates conversion data based on the soft discriminating result and normalizes the average value of reliable degree data. A means 260 constituted of a weighting means 270 forms subsequent input data based on conversion data. The weighting means 270 calculates a weighting total value obtained by multiplying first and second weight coefficients γ_j and β_j by conversion data and initial input data. The weighting total value is stored in a memory 12 and is transmitted to a repetitive decoding means in a next repetitive

processing as the subsequent input.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-215012

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) Int.Cl.⁹

H 0 3 M 13/00

H 0 4 L 1/00

識別記号

F I

H 0 3 M 13/00

H 0 4 L 1/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-328232

(22) 出願日 平成10年(1998)11月18日

(31) 優先権主張番号 9 7 1 4 4 5 1

(32) 優先日 1997年11月18日

(33) 優先権主張国 フランス (F R)

(71) 出願人 590000248

コーニンクレッカ フィリップス エレク
トロニクス エヌ ヴィ

Koninklijke Philips
Electronics N. V.

オランダ国 5621 ペーアー アイन्दー
フェン フルーネヴァウツウェッハ 1

(72) 発明者 シャウリー アントワーン

フランス国 75014 パリ ルー デ マ
リニエール 4

(74) 代理人 弁理士 津軽 進

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタル伝送システム及びデコーダ並びに復号方法

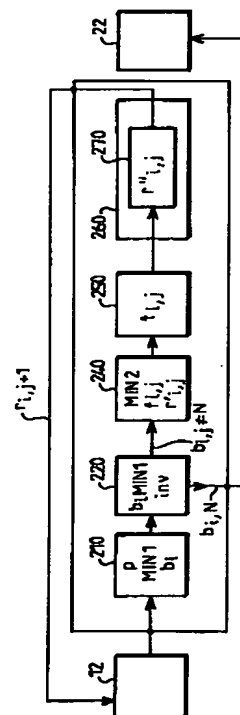
(57) 【要約】

【目的】 本発明は、得られる性能を改善することのできる解決技術を提案する。

【構成】 送信側にデータ符号化手段(3)を、受信側に受信データ(10)の硬判定をなす反復型復号手段を有するデジタル伝送システムであって、前記反復型復号手段は、受信データを初期入力データに用いるとともに、入力データ(13, $r_{i,j}$)に基づいて軟判定値

($r'_{i,j}$)に関する信頼度データ($f_{i,j}$)を反復処理毎に計算する計算手段(220)と後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を次の反復処理において再挿入する手段とを有する、デジタル伝送システムにおいて、前記復号手段は、前記信頼度データの平均値を正規化するように前記軟判定値に基づいて変換データ

($t_{i,j}$)を計算する変換手段(240)と、前記変換データ($t_{i,j}$)に基づいて後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を発生する後続データ発生手段(250)とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信側にデータ符号化手段 (3) を、受信側に受信データ (10) の硬判定をなす反復型復号手段を有するデジタル伝送システムであって、前記反復型復号手段は、受信データを初期入力データに用いるとともに、入力データ (13, $r_{i,j}$) に基づいて軟判定値 ($r'_{i,j}$) に関する信頼度データ ($f_{i,j}$) を反復処理毎に計算する計算手段 (220) と後続の入力データ ($r_{i,j+1}$) を次の反復処理において再挿入する手段とを有する、デジタル伝送システムにおいて、

前記復号手段は、前記信頼度データの平均値を正規化するように前記軟判定値に基づいて変換データ ($t_{i,j}$) を計算する変換手段 (240) と、前記変換データ ($t_{i,j}$) に基づいて後続の入力データ ($r_{i,j+1}$) を発生する後続データ発生手段 (250) とを有する、ことを特徴とするデジタル伝送システム。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のデジタル伝送システムにおいて、前記後続データ発生手段は、それぞれ第 1 の重み係数 (γ_j) 及び第 2 の重み係数 (β_j) を前記変換データ ($t_{i,j}$) 及び前記初期入力データ ($r_{i,j}$) に施す関数の重み付け合計値 ($r''_{i,j}$) を計算する重み付け手段 (260) を有する、ことを特徴とするデジタル伝送システム。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の伝送システムにおいて、前記符号化手段は、リードソロモンコードに基づく第 1 の符号化手段 (4) と、多次元インターリーブ化パリティコードに基づく第 2 の符号化手段 (5) とを有し、前記反復型復号手段は、前記受信データ (10) に基づいて前記リードソロモンコードにより符号化されたデータを復元するのに用いられる、ことを特徴とするデジタル伝送システム。

【請求項 4】 送信側にデータ符号化手段 (3) を、受信側に受信データ (10) の硬判定をなす反復型復号手段を有するデジタル伝送システムであって、前記反復型復号手段は、受信データを初期入力データに用いるとともに、入力データ (13, $r_{i,j}$) に基づいて軟判定値 ($r'_{i,j}$) を反復処理毎に計算する計算手段 (220) と後続の入力データ ($r_{i,j+1}$) を次の反復処理において再挿入する手段とを有する、デジタル伝送システムにおいて、前記復号手段 (20) は、それぞれ第 1 の重み係数 (γ_j) 及び第 2 の重み係数 (β_j) を前記軟判定値 ($t_{i,j}$) 及び前記初期入力データ ($r_{i,j}$) に施す関数の重み付け合計値 ($r'_{i,j}$) を計算する重み付け手段 (260) と、前記重み付け合計値に基づいて後続の入力データ ($r_{i,j+1}$) を発生する後続データ発

生手段とを有する、ことを特徴とするデジタル伝送システム。

【請求項 5】 初期入力データとしてのデータを用いるとともに、反復処理毎に、入力データ (13) に基づいて軟判定値 ($r'_{i,j}$) に関連する信頼度データを計算する計算ステップ (140) と、次の反復処理において後続の入力データを再挿入するステップとを行う反復型データ復号方法において、前記信頼度データの平均値を正規化するように前記軟判定値に基づいて変換データ ($t_{i,j}$) を計算する変換ステップ (160) と、前記変換データに基づいて後続の入力データ ($r_{i,j+1}$) を発生する後続データ発生ステップ (160) と、を有する、ことを特徴とする反復型データ復号方法。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の復号方法において、前記後続データ発生ステップ (160) は、前記変換データ及び前記初期入力データ ($r_{i,j}$) にそれぞれ第 1 の重み係数 (γ_j) 及び第 2 の重み係数 (β_j) を施したものである重み付け合計値 ($r''_{i,j}$) を計算する重み付けステップを有することを特徴とする反復型データ復号方法。

【請求項 7】 初期入力データとしてのデータを用いるとともに、反復処理毎に、入力データ (13, $r_{i,j}$) に基づいて軟判定値 ($r'_{i,j}$) を計算する計算ステップ (140) と、次の反復処理において後続の入力データを再挿入する再挿入ステップとを行う反復型データ復号方法において、前記軟判定値及び前記初期入力データ ($r_{i,j}$) にそれぞれ第 1 の重み係数 (γ_j) 及び第 2 の重み係数 (β_j) を施す関数の重み付け合計値 ($r''_{i,j}$) を計算する重み付けステップ (160) と、前記重み付け合計値に基づいて後続入力データ ($r_{i,j+1}$) を発生するステップとを有する、ことを特徴とする反復型データ復号方法。

【請求項 8】 反復型復号手段 (20) を有するデコーダであって、前記反復型復号手段は、初期入力データとしてのデータを用いるとともに、入力データ (13, $r_{i,j}$) に基づいて軟判定値 ($r'_{i,j}$) に関する信頼度データを反復処理毎に計算する計算手段 (220) と、次の反復処理において後続の入力データ ($r_{i,j+1}$) を再挿入する手段とを有する、デコーダにおいて、

前記復号手段は、前記信頼度データの平均値を正規化するように前記軟判定値に基づいて変換データ ($t_{i,j}$) を計算する変換手段 (240) と、前記変換データに基づいて後続の入力データを発生する後続データ発生手段 (250) とを有する、ことを特徴とするデコーダ。

【請求項 9】 請求項 8 に記載のデコーダにおいて、前記後続データ発生手段は、前記変換データ及び前記初期

入力データにそれぞれ第1の重み係数(γ_j)及び第2の重み係数(β_j)を施したものによる重み付け合計値($r''_{i,j}$)を計算する重み付け手段(260)を有することを特徴とするデコーダ。

【請求項10】 反復型復号手段(20)を有するデコーダであって、前記反復型復号手段は、初期入力データとしてのデータを用いるとともに、入力データ(13, $r_{i,j}$)に基づいて軟判定値($r'_{i,j}$)を反復処理毎に計算する計算手段(220)と、次の反復処理において後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を再挿入する手段とを有する、デコーダにおいて、前記復号手段は、前記軟判定値及び前記初期入力データ($r_{i,j}$)にそれぞれ第1の重み係数(γ_j)及び第2の重み係数(β_j)を施す関数($t_{i,j}$)の重み付け合計値($r''_{i,j}$)を計算する重み付け手段(260)と、後続の入力データを前記重み付け合計値に基づいて発生する手段とを有する、ことを特徴とするデコーダ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、デジタル伝送システムに関し、特に、送信側にデータ符号化手段を、受信側に反復型復号手段を有し、前記反復型復号手段は、受信データを初期入力データに用いるとともに、入力データに基づく軟判定値に関する信頼度データを反復処理の度に計算する手段と、次の反復処理のために後続の入力データを再挿入する手段とを有するようなシステムに関する。本発明はまた、復号方法及びデコーダに関する。

【0002】

【従来の技術】本発明は、例えば対話式双方向衛星伝送システムの如き、限られた電力のチャネルにおける小データパケットを伴う伝送システムのための興味ある応用技術を持つものである。このような対話型システムにおいて、復信チャネルは、加入者らが当該システムに送られたデータと対話することができるようにしたものである。この復信チャネルの容量は、予約メカニズムを使用することによってその加入者らに配分される。この予約メカニズムは、次の上流フレームにおける割当時間窓とするためのリクエストを伝送することによってできている。故に、かかる伝送データは、多数の加入者により伝送される小リクエストパケット又はデータパケットの列によって形成されるが、これは、各パケットを独立的に符号化すべきであることを意味している。さらに、加入者は小さなアンテナを備えるので、上流チャネルの電力は制限される。したがって、このようなシステムには、非常に強力な符号化/復号化方法の使用が必要となる(このタイプの応用技術では、 10^{-6} 以下のパケットエラーレートが要求される)。

【0003】多次元単一パリティコードの反復デコーディング法は、1997年9月11日、Electronics Lett

ers発行の"Efficient soft-in-soft-out sub-optimal decoding rule for single parity check codes"(vol. 33, no. 19)と題された論文に記述されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、主に、上述した点に鑑み、得られる性能を改善することのできる解決技術を提案することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】この目的のために、本発明による基本的一実施の形態の伝送システムは、送信側にデータ符号化手段(3)を、受信側に受信データ(10)の硬判定をなす反復型復号手段を有するデジタル伝送システムであって、前記反復型復号手段は、受信データを初期入力データに用いるとともに、入力データ(13, $r_{i,j}$)に基づいて軟判定値($r'_{i,j}$)に関する信頼度データ($f_{i,j}$)を反復処理毎に計算する計算手段(220)と後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を次の反復処理において再挿入する手段とを有する、デジタル伝送システムにおいて、前記復号手段は、前記信頼度データの平均値を正規化するように前記軟判定値に基づいて変換データ($t_{i,j}$)を計算する変換手段(240)と、前記変換データ($t_{i,j}$)に基づいて後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を発生する後続データ発生手段(250)とを有する、ことを特徴としている。

【0006】この実施の形態は、前記後続データ発生手段は、それぞれ第1の重み係数(γ_j)及び第2の重み係数(β_j)を前記変換データ($t_{i,j}$)及び前記初期入力データ($r_{i,j}$)に施す関数の重み付け合計値($r''_{i,j}$)を計算する重み付け手段(260)を有する、ことを特徴とすることができる。

【0007】また、これらの実施の形態は、前記符号化手段は、リードソロモンコードに基づく第1の符号化手段(4)と、多次元インターリーブ化パリティコードに基づく第2の符号化手段(5)とを有し、前記反復型復号手段は、前記受信データ(10)に基づいて前記リードソロモンコードにより符号化されたデータを復元するのに用いられる、ことを特徴とすることができる。

【0008】本発明はまた、理論的に値+1近傍においてガウス分布に従って信頼度データが分布することを考慮に入れることが可能である。

【0009】本発明による伝送システムの他の基本的好適実施の形態においては、送信側にデータ符号化手段(3)を、受信側に受信データ(10)の硬判定をなす反復型復号手段を有するデジタル伝送システムであって、前記反復型復号手段は、受信データを初期入力データに用いるとともに、入力データ(13, $r_{i,j}$)に基づいて軟判定値($r'_{i,j}$)を反復処理毎に計算する計算手段(220)と後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を次の反復処理において再挿入する手段と

を有する、デジタル伝送システムにおいて、前記復号手段(20)は、それぞれ第1の重み係数(γ_j)及び第2の重み係数(β_j)を前記軟判定値($t_{i,j}$)及び前記初期入力データ($r_{i,j}$)に施す関数の重み付け合計値($r'_{i,j}$)を計算する重み付け手段(260)と、前記重み付け合計値に基づいて後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を発生する後続データ発生手段とを有する、ことを特徴としている。

【0010】このような重み付けによれば、反復型復号方法の開始においてなされる誤った判定値の伝搬を避けることができる。前記関数が、軟判定に基づいて変換データを生成するのに選定される場合、上記基本的2つの実施の形態による効果が組み合わされる。

【0011】同様に、本発明による一実施の形態のデータ復号方法は、初期入力データとしてのデータを用いるとともに、反復処理毎に、入力データ(13)に基づいて軟判定値($r'_{i,j}$)に関連する信頼度データを計算する計算ステップ(140)と、次の反復処理において後続の入力データを再挿入するステップとを行う反復型データ復号方法において、前記信頼度データの平均値を正規化するように前記軟判定値に基づいて変換データ($t_{i,j}$)を計算する変換ステップ(160)と、前記変換データに基づいて後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を発生する後続データ発生ステップ(160)と、を有する、ことを特徴としている。

【0012】この形態は、前記後続データ発生ステップ(160)は、前記変換データ及び前記初期入力データ($r_{i,j}$)にそれぞれ第1の重み係数(γ_j)及び第2の重み係数(β_j)を施したものである重み付け合計値($r''_{i,j}$)を計算する重み付けステップを有することを特徴とすることができる。

【0013】また、この形態は、初期入力データとしてのデータを用いるとともに、反復処理毎に、入力データ(13, $r_{i,j}$)に基づいて軟判定値($r'_{i,j}$)を計算する計算ステップ(140)と、次の反復処理において後続の入力データを再挿入する再挿入ステップとを行う反復型データ復号方法において、前記軟判定値及び前記初期入力データ($r_{i,j}$)にそれぞれ第1の重み係数(γ_j)及び第2の重み係数(β_j)を施す関数の重み付け合計値($r''_{i,j}$)を計算する重み付けステップ(160)と、前記重み付け合計値に基づいて後続入力データ($r_{i,j+1}$)を発生するステップとを有する、ことを特徴とすることができる。

【0014】本発明による一実施の形態のデコーダは、反復型復号手段(20)を有するデコーダであって、前記反復型復号手段は、初期入力データとしてのデータを用いるとともに、入力データ(13, $r_{i,j}$)に基づいて軟判定値($r'_{i,j}$)に関する信頼度データを反復処理毎に計算する計算手段(220)と、次の反復処理において後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を再挿入

する手段とを有する、デコーダにおいて、前記復号手段は、前記信頼度データの平均値を正規化するように前記軟判定値に基づいて変換データ($t_{i,j}$)を計算する変換手段(240)と、前記変換データに基づいて後続の入力データを発生する後続データ発生手段(250)とを有する、ことを特徴としている。

【0015】この形態は、前記後続データ発生手段は、前記変換データ及び前記初期入力データにそれぞれ第1の重み係数(γ_j)及び第2の重み係数(β_j)を施したものである重み付け合計値($r''_{i,j}$)を計算する重み付け手段(260)を有することを特徴とすることができる。

【0016】本発明による他の実施の形態のデコーダは、反復型復号手段(20)を有するデコーダであって、前記反復型復号手段は、初期入力データとしてのデータを用いるとともに、入力データ(13, $r_{i,j}$)に基づいて軟判定値($r'_{i,j}$)を反復処理毎に計算する計算手段(220)と、次の反復処理において後続の入力データ($r_{i,j+1}$)を再挿入する手段とを有する、デコーダにおいて、前記復号手段は、前記軟判定値及び前記初期入力データ($r_{i,j}$)にそれぞれ第1の重み係数(γ_j)及び第2の重み係数(β_j)を施す関数($t_{i,j}$)の重み付け合計値($r''_{i,j}$)を計算する重み付け手段(260)と、後続の入力データを前記重み付け合計値に基づいて発生する手段とを有する、ことを特徴としている。

【0017】本発明のこれらの態様及びその他の態様は、以下に既述される各実施例から明かとなりまたこれらを参照して説明される。

【0018】

【実施例】それではデータ伝送応用技術につき本発明を説明する。但し、これに限定されるものではない。例えば、本発明は、ディスクに記憶されるデータの検索に用いることもできる。

【0019】以下の説明では、デジタル伝送におけるエラー制御の既知技術が用いられる。こうした技術のより詳しい説明としては、Arnold M. Michelson と Allen H. Levesque とによる "Error control techniques for digital communications" と題された 1985 年に Wiley Intersciences Editions 発行の書籍を参照することができる。

【0020】以下の説明では、「積符号」又は「多次元コード」なる語句は、各種次元のマトリクスにより表されるコードを指すものであり、これら次元の各々はコードワードを呈するとともに、異なるコード及びコードワードサイズが次元毎に用いられるものである。

【0021】これより、上述した上流の衛星伝送応用技術にとって十分な性能を有する本発明によるデジタル伝送システムの一例を説明する。但し、このような例に限定されるものではない。

【0022】より詳しくは（以下の記述において詳細に説明されるように）、当該システムの性能を改善するために、リードソロモンコードと2次元インターリーブ化パリティ積符号とが連結され、結合され又は組み合わせられる（当該マトリクスの各行と各列とがコードワードを形成し、使用されるコードは、かかる2つの次元の双方のパリティコードである）。しかしながら、本発明は、対話式（相互作用型）復号方法にて復号されうるようなタイプのコード、特に積符号を利用するタイプのコードに適用可能なものである。

【0023】同様に、4つの状態のQPSK（直交位相シフトキーイング）信号配置が使われるので、同相及び直交位相チャネルにおける各受信シンボルにつき、2つの採りうる値間（ここでは-1と+1との間）の判定を行うことで復号化がなされる。他のタイプの信号配置も使うことができ、例えば、当該2つのチャネル間における半シンボル分のシフトが導入されるOQPSK（オフセット直交位相シフトキーイング）の信号配置がある。別のサイズの信号配置を使用しても良く、例えば、BPSK（バイナリ位相シフトキーイング）の信号配置又はより大なるサイズの信号配置がある。より大なるサイズの信号配置の場合、例えば、既知の多値符号化技術を用いることによってなされるべき同じタイプの判定とみなすことが可能である。すなわち、従来の反復型復号化方法を、なされるべき新しいタイプの判定に適合することもできるのである。

【0024】図1には、かかるデジタル伝送システムの図が示されている。伝送側では、保護されるべきデータ1は、ソース2から出力され、符号化手段3に伝送される。この符号化手段は、2段目多次元インターリーブ化パリティ符号化手段5に縦続接続される初段リードソロモン符号化手段4によって形成される。この符号化手段3の出力に発生する符号化データ6は、変調手段8により信号配置座標のシンボルが割り当てられる。これらのシンボルは、チャネル9を通り伝送される。

【0025】受信側では、受信データ10は、通常の復調手段11によって処理され、その後第1マトリクスの形式でメモリ12に記憶される。これら受信データは、最初の反復処理のため反復復号手段20により入力データ13として用いられるものとなる初期入力データを形成する。この反復復号化手段の出力に発生されるデータは、メモリ12に記憶される第2マトリクスに再グループ化され、次の反復処理のための後続入力データ13として用いられる。この反復復号手段20は、当該受信データについての最終判定値23を生成する通常のリードソロモン復号手段22に縦続接続構成される。

【0026】例を挙げると、かかる復号には次の多項式により発生されるリードソロモンコードが用いられる。

【数1】

*

50

$$\prod_{i=1}^{2t} (x + \alpha^i)$$

*ここで、 α は、

【数2】

$$x^8 \oplus x^4 \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus 1$$

10 の根であり、この多項式は、256エレメントGF(2⁸)のガロア体を発生し、tはオクテット（8ビットバイト）の数であり、かかるコードは訂正能力のあるものである。ここに述べた例においては、tは5が選定される。したがって、54個のオクテットのデータパケット（予約済オクテットを加えたATMセル）が伝送される場合、64オクテットのパケットがリードソロモン符号化手段4の出力に得られるのである。

20 【0027】多次元インターリーブ化パリティ符号化手段5は、リードソロモン符号化手段4の出力に発生するオクテットの各々にパリティビットを加えた後、その得られるそれぞれ9ビットからなる8ワードを再グループ化し8×9マトリクスを形成する。そして、そのマトリクスの各列にパリティビットが加えられ新しい行が形成される。この結果得られるマトリクスは、9×9のマトリクスである。故に、前例に戻ると、リードソロモン符号化手段4の出力に発生される64オクテットに基づいて、8つの9×9マトリクスが多次元インターリーブ化パリティ符号化手段5の出力に得られる（M1からM8として描かれている）。

30 【0028】これら8つのマトリクスは、QPSKの信号配置座標における1つのポイントを各ビット対に割り当てる割当手段7によって、図2に示されるように処理される。チャネル9が制限された電力のチャネルである場合には、差動符号化を用いると有利である。その場合、例えば、2つの連続シンボル間における次のような割当ルールが適用される。

00：位相変化無し

01：+90°

11：+180°

10：-90°

40 【0029】この反復型復号原理（又はターボデコーディング）は、A. Glavieux らによりIEEE ICC-93, pp. 1064-1071において“Near Shannon error correcting coding and decoding: turbo codes”という議題で1993年5月に説明された。これは、非最適復号をN回繰返し実行することによって最適の復号に近付けるものである。N回のうち最初のN-1回の反復処理は、受信シンボルについての信頼度データとこのシンボルにつきなされる硬判定（heard decision）と呼ばれる判定結果との積に等しい軟判定をなし、この軟判定結果又は値を次の反復処理のために復号手段の入力に再挿入することによ

る。最後の反復処理が、硬判定出力をなす。

【0030】ここに記述されている例においては、この反復復号は、コードワードの各要素がセット $\{-1; +1\}$ の値を持つことを認識して実際の受信シンボルについて2値判定することを可能とするものであり、入力データのマトリクスの行方向復号と列方向復号とを何度も交互に切替えるものである。行復号又は列復号の各々は、復号の繰り返しによるものである。以下、最適な復号に収斂するのに必要な反復処理の数は、 N と表記される。実際の受信シンボルは、第1回目の反復処理のための初期入力データとして用いられる。この $N-1$ 回の最初の反復処理により、各行又は各列の要素 $r_{i,j}$ の各々につき信頼度データ $f_{i,j}$ 及び軟判定結果 $r'_{i,j}$ が計算され、その後、本発明によればこの軟判定結果からデータ $r''_{i,j}$ が得られるのである。反復処理(番号) j につき計算されたデータ $r''_{i,j}$ は、メモリ12に記憶され、反復処理 $j+1$ において反復型復号手段20により後続の入力データ $r_{i,j+1}$ に用いられる。最後の反復処理は、シンボル $r_{i,N}$ の信頼度を計算せずに、ブロック $r_{i,N}$ ($i=1, 0, \dots, n$)を最適な様式で復号する。

【0031】これは図3に要約されているように、本発明による反復型復号方法は、各反復処理につきそして各行又は各列毎に($r_{1,j}, \dots, r_{i,j}, \dots, r_{n,j}$)、次のようなステップを有する。

【0032】・第1ステップ110

当該行又は当該列のパリティ p の計算と、最も小さい信頼度のシンボル $r_{i,j}$ 、換言すればゼロに最も近いもの(このシンボルは第1最小値と称され、 $MIN1$ と記される)の検索とを行う。すなわち、初期化として $p=0$ 、 $MIN1=\infty$ とする。1から n まで変化する i に対し、 $b_i = \text{sgn}(r_{i,j})$ の計算($x > 0$ のとき $\text{sgn}(x) = 0$ でありそうでないときは $\text{sgn}(x) = 1$)と、

【数3】

$$p = p \oplus b_i$$

の計算とを行い、 $MIN1 > |r_{i,j}|$ であれば、 $MIN1 = |r_{i,j}|$ としかつ $i_{MIN1} = i$ とする。

【0033】・第2ステップ120

最も信頼性の低いシンボルの補正と、 inv と記されるサインインジケータの計算とを行う。すなわち、

【数4】

$$b_{i_{MIN1}} = b_{i_{MIN1}} \oplus p$$

$\text{inv} = 1 - 2p$

【0034】・第3ステップ125

$j = N$ かどうかの検査である。 $j = N$ であれば、復号が

終了し、図3においては矢印126により処理終了ボックス170にシンボル化される。硬判定は、ブロック b_i ($i=0, \dots, n$)においてなされる。 $j \neq N$ であれば、次のステップ130ないし160により反復処理が実行される。

【0035】・第4ステップ130

$MIN2$ と称される第2最小値の検索を行う。すなわち、初期化として $MIN2 = \infty$ とする。1から n まで変化する i に対し(但し、 $i \neq i_{MIN1}$)、 $MIN2 > |r_{i,j}|$ である場合は、 $MIN2 = |r_{i,j}|$ とする。

【0036】・第5ステップ140

信頼度 $f_{i,j}$ 及び軟判定値 $r'_{i,j}$ の計算を行う。

すなわち、1から n まで変化する i に対し(但し、 $i \neq i_{MIN1}$)、 $f_{i,j} = [|r_{i,j}| + \text{inv} \cdot MIN1]$ とし、 $i = i_{MIN1}$ の場合は、 $f_{i_{MIN1},j} = MIN2 + \text{inv} \cdot MIN1$ とし、1から n まで変化する i に対し、 $r'_{i,j} = (1 - 2b_i) \cdot f_{i,j}$ とする。(この信頼度計算は、例えば、冒頭の段落で引用された"Efficient soft-in-soft-out sub-optimal decoding rule for single parity check codes"という論文において原理が確認できる通常の計算である。)

【0037】・第6ステップ150

次のような当該行又は当該列の軟判定結果の平均値 μ の計算を行う。

【数5】

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |r'_{i,j}|$$

受信シンボルのマトリクスが小さい場合、行又は列についてだけでなくマトリクス全体の平均値 μ を計算すると有利である。

【0038】・第7ステップ160

重み付けされた合計 $r''_{i,j}$ の変換データ $t_{i,j}$ の計算と、メモリ12における後続入力データ $r_{i,j+1} = r''_{i,j}$ の記憶とを行う。すなわち、1から n まで変化する i に対し、 $t_{i,j} = r'_{i,j} / \mu$ の計算と、 $r''_{i,j} = \gamma_j \cdot t_{i,j} + \beta_j \cdot r_{i,j}$ の計算とを行う。

【0039】ここで、 γ_j 及び β_j は第1及び第2の重み係数であり、 $r_{i,j}$ は、このときの行又はこのときの列に対応する受信シンボルである。より有利とするには、 β_j が $1 - \gamma_j$ に選定され、 $\gamma_1 = 0.5$ 、 $\gamma_2 = 0.8$ 、 $\gamma_j \neq 1$ 、 $2 = 1$ とすることである。したがって、反復処理に応じて受信シンボルの重みを減らすことにより、反復処理の数とともに発散のリスクが減るといいう現象が採用される一方、そのエラー訂正は増加するのである。

【0040】図4には、反復型復号手段20の詳細な図が示されている。この反復型復号手段20は、次のものを有する。

【0041】・パリティ訂正手段210

処理対象の行又は列の各々につき第1の最小値を検索し硬判定結果 $b_{i,j}$ を算出する。

【0042】・訂正手段220

最も信頼性の低いシンボルに関連する当該硬判定結果を訂正し

【数6】

$$b_{iMIN1} = b_{iMIN1} \oplus p$$

、サインインジケータ $inv = 1 - 2p$ を計算する。硬判定結果 $b_{i,j} \neq n$ は、手段240に転送される。硬判定結果 $b_{i,n}$ は、リードソロモン復号手段22に転送される。

【0043】・計算手段240

信頼度データ $f_{i,j}$ と軟判定値 $r'_{i,j}$ を計算する。

【0044】・変換手段250

軟判定結果 $r'_{i,j}$ に基づき変換データ $t_{i,j}$ を計算し、当該信頼度データ $f_{i,j}$ の平均値を正規化する。

【0045】・手段260

前記変換データ $t_{i,j}$ に基づいて後続の入力データを形成する。ここで述べる本実施例において、この手段260は、重み付け手段270により構成される。この重み付け手段270は、第1及び第2の重み係数 γ_j 及び β_j をそれぞれ前記変換データ $t_{i,j}$ 及び初期入力データ $r_{i,1}$ に掛ける（又は施す）重み付け合計値 $r''_{i,j}$ を計算する。これら重み付け合計値 $r''_{i,j}$ は、メモリ12に記憶され後続の入力 $r_{i,j+1}$ として次の反復処理 $j+1$ において上記反復型復号手段20に送出される。

【0046】図5及び図6には、説明したばかりの上記デコーダによる、それぞれリードソロモン復号の前と後における反復処理毎の信号対雑音比SNR（dB表示）に対してプロットされたパケットエラーレートPERを展開したものが示されている。図5では、3回目の反復処理で最適復号に極めて近づくことが分かる。図6の結果は、列復号に対応する1回目の反復処理により得られる。既述した例では、これはリードソロモンコードワードに対応するマトリクスの行である。結局、リードソロモンコードワードの方向における復号に対応するのは偶数の反復処理である。パリティコードは、当該復号の方向においてエラーを一緒に連れて来る傾向があり、リードソロモンコードは、エラーパケットの訂正に適合している。リードソロモン復号後の性能は、偶数の反復処理ではより好ましい。これらの図によれば、行、列、

行という順序で3つの反復処理が行われる場合に（最小計算コストの）最適な性能が得られるであろうことを結論づけることができる。

【0047】図7（A）及び図7（B）はまた、先に説明したデコーダで得られる結果について示している。これらの図は、最初の反復処理（ $r_{i,1}$ ）前のデコーダの入力に供給される初期入力データと、3回目の反復処理（ $r_{i,4}$ ）後に供給される後続入力データとのそれぞれに関する信頼度密度関数PDF（ $r_{i,j}$ ）を示している。注記するに、値-1及び+1近傍の離れている2つのエンベロープにより形成される理想の曲線（ゼロエラーレート）に近づくことが分かる。ここでのエンベロープは、値-1及び+1近傍において狭くなり、横断領域は非常に減少することとなる。

【0048】本発明は、図3及び図4を参照して既に説明した好適実施例に限定されるものではない。

【0049】この実施例の第1の改変例は、 j の任意の値に対し $\gamma_j = 1$ を選定するものであるが、これによると信号対雑音比SNRの0.1ないし0.2dBほどの低下を引き起こす。

【0050】第2の改変例は、平均値 μ を信号対雑音比に基づく定数 K で置き換えるものである。この例においても、信号対雑音比SNRが0.1ないし0.2dBほど低下してしまう。

【0051】第3の改変例は、第2最小値の検索を止め、 $i = i_{MIN1}$ のときの信頼度の計算に次式を用いるものである。

$$f_{i_{MIN1},j} = (1 + inv) \cdot MIN1 + \Delta$$

【0052】ここで、 Δ は信号の信号対雑音比に基づく定数である（シミュレーションでは、 $\Delta = 0.1$ のときに0.1dB位の低下が生じた）。他の実施例においては、軟判定値 $r'_{i,j}$ の関数 $t_{i,j}$ が、既述した下関関数

【数7】

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |r'_{i,j}|$$

の下での

$$t_{i,j} = r'_{i,j} / \mu$$

以外の関数により置き換えられる。例えば、軟判定値 $r'_{i,j}$ と受信データ $r_{i,j}$ との間における重みづけ演算

$$r''_{i,j} = \gamma_j \cdot r'_{i,j} + \beta_j \cdot r_{i,1}$$

で置き換えることができる。

【0053】さらに、既述の例においては、マトリクスの列が厳密にリードソロモンコードワードに対応する。この選定例は特に有効であるが、好ましくはかかる2つのコードのサイズ上の単一の関連性を選択することによ

り、例えば一方が他方の倍数であるように選択することにより、別の該当するタイプを用いることもできる。

【0054】最後に、その他の実施例においては、誤りが起きるかもしれないオクテットの配置手段を、反復型復号手段20の出力とリードソロモン復号手段22の入力との間に挿入するものとしている。本例によると、このような配置手段は、第1最小値MIN1又は信頼度データの平均値を固定又は可変の閾値と比較し、かかる閾値を越える、効率データと呼ばれるデータがリードソロモン復号手段22に送出される。より詳しくは、引用した上記“Error control techniques for digital communications”という題名の文献を参照できる。

【0055】

【図面の簡単な説明】

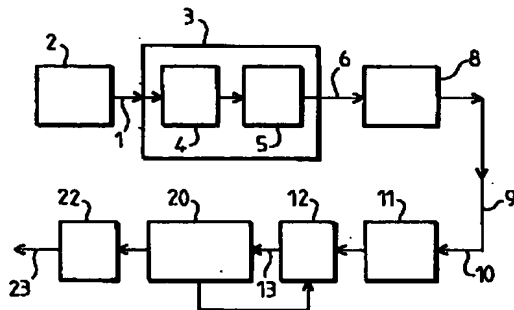
【図1】図1は、本発明によるデジタル伝送システムの一例の図である。

【図2】図2は、符号化データを割当てて原理の説明図である。

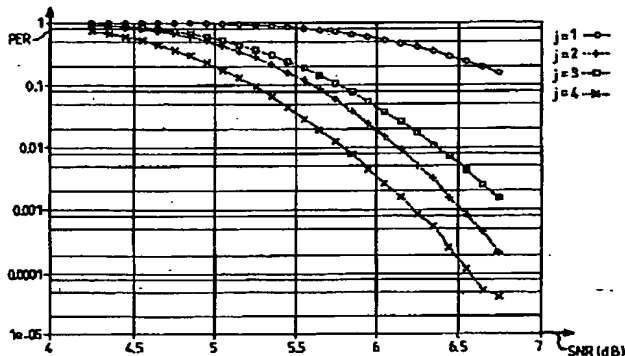
【図3】図3は、本発明による反復型復号方法の主なステップを要約した図である。

【図4】図4は、本発明による反復型デコーダの図であ *

【図1】



【図6】



*る。

【図5】図5は、リードソロモン復号化前における本発明によるシステムで得られる結果を表す図である。

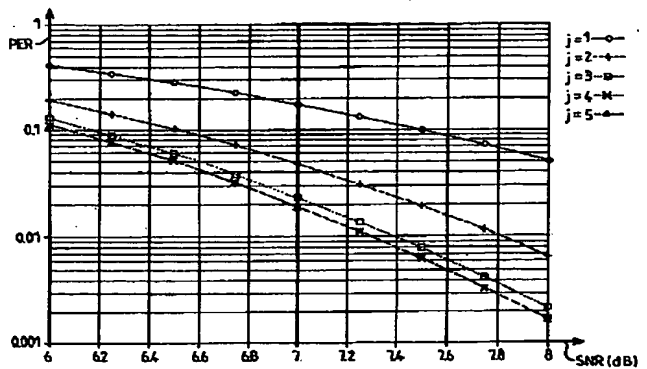
【図6】図6は、リードソロモン復号化後における本発明によるシステムで得られる結果を表す図である。

【図7】図7 (A) 及び (B) は、それぞれ第1及び第4回目の反復処理における入力データの確率密度を表す曲線である。

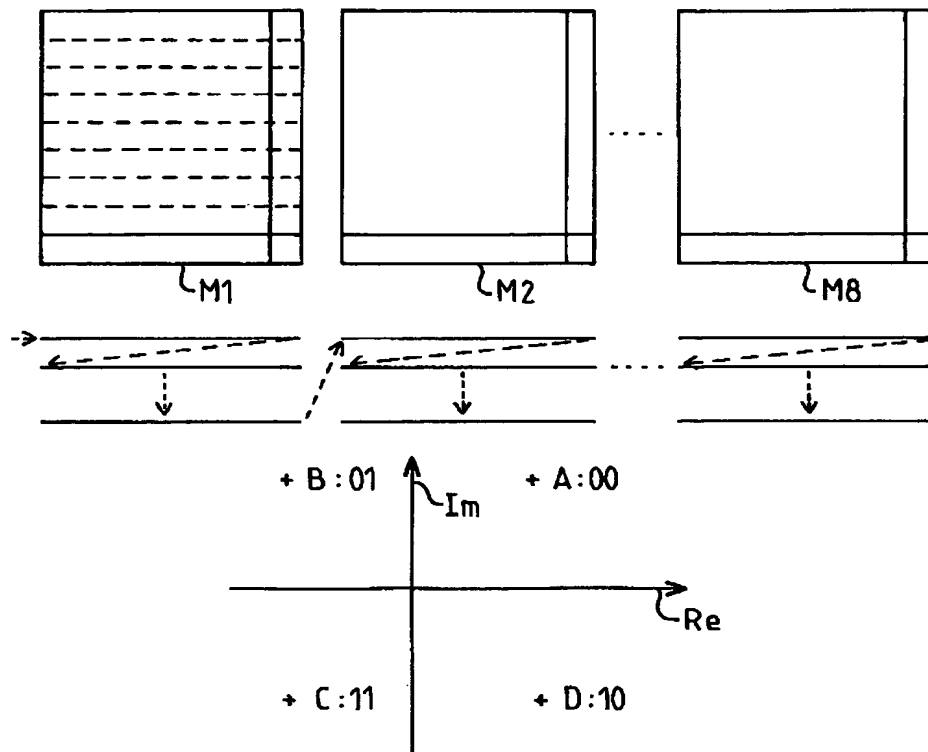
【符号の説明】

- 2…ソース
- 3…符号化手段
- 4…初段リードソロモン符号化手段
- 5…2段目多次元インターリーブ化パリティ符号化手段
- 8…変調手段
- 9…チャネル
- 11…復調手段
- 12…メモリ
- 13…入力データ
- 20…反復型復号手段
- 22…リードソロモン復号手段
- 23…最終判定結果

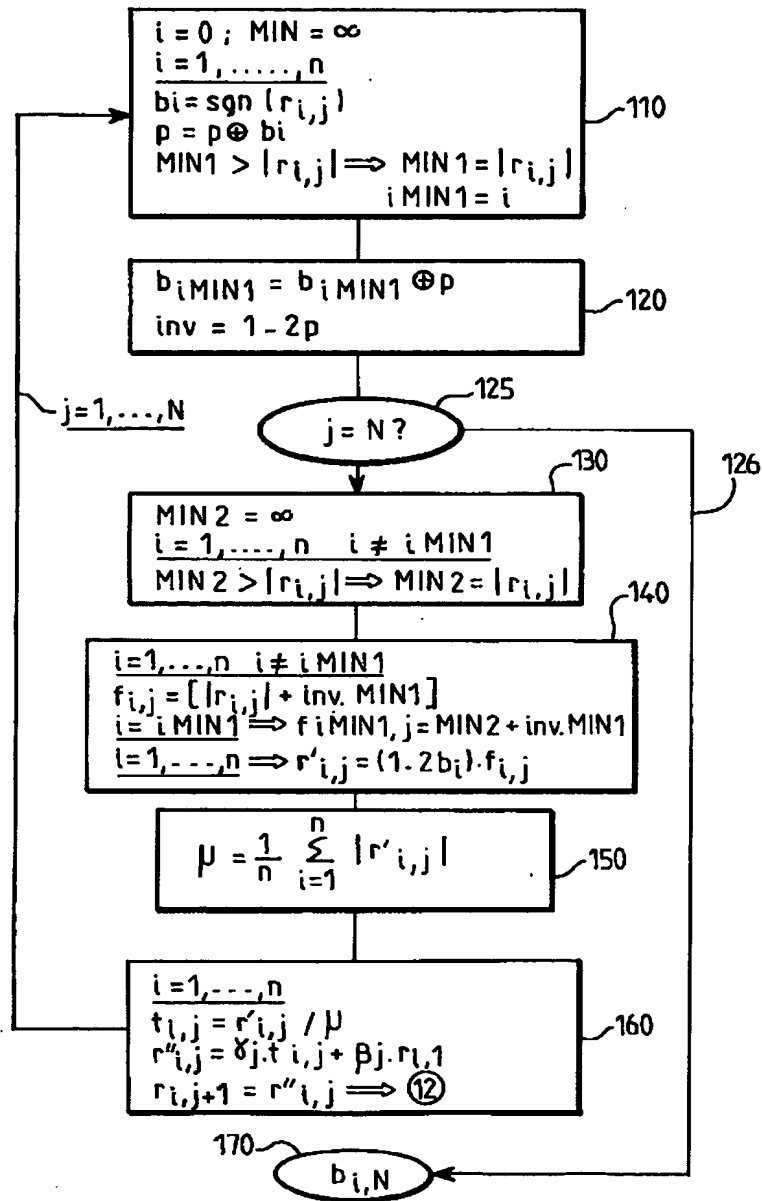
【図5】



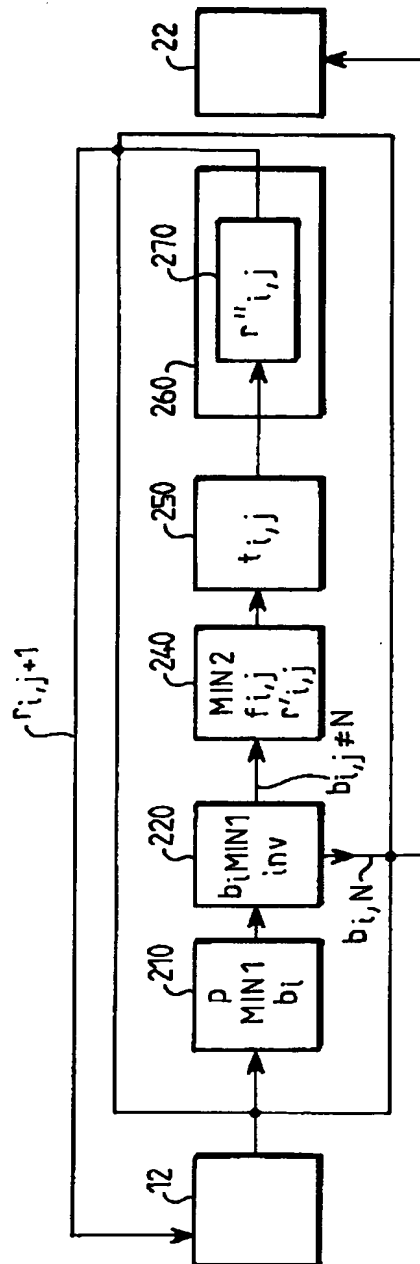
【図 2】



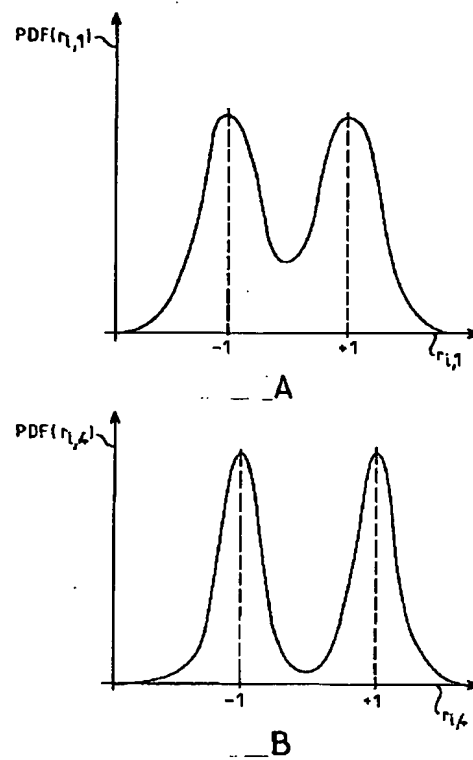
【図 3】



【図 4】



【図7】



フロントページの続き

(71)出願人 590000248
 Groenewoudseweg 1,
 5621 BA Eindhoven, Th
 e Netherlands

(72)発明者 ブラジアル アメリコ
 フランス国 94290 ヴィルヌーヴールー
 ロワ ルー ジャン-ジャック ルソー
 54